

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication :

2 782 846

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

98 10820

⑤① Int Cl⁷ : H 01 Q 1/42

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 28.08.98.

③⑦ Priorité :

⑦① Demandeur(s) : THOMSON CSF Société anonyme —
FR.

⑦② Inventeur(s) : GARNOT CHARLES.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.03.00 Bulletin 00/09.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑦③ Titulaire(s) :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

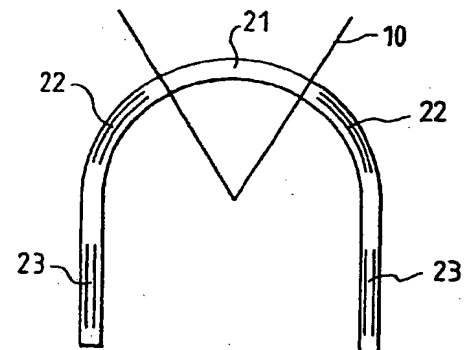
⑦④ Mandataire(s) : THOMSON CSF.

⑤④ RADOME MONOBLOC.

⑤⑦ L'invention concerne un radôme réalisable en une
seule pièce qui assure outre la transmission des ondes hy-
perfréquence, des fonctions d'absorption des ondes parasi-
tes et/ ou de tenue mécanique.

Le radôme comporte un seul matériau composite, une
zone (21) transparente aux ondes hyperfréquence étant for-
mée en fibres de verre et au moins une zone d'absorption
des ondes parasites (22) comportant des fibres de carbone.

Applications notamment radômes équipant des systè-
mes hyperfréquence aéroportés.



FR 2 782 846 - A1



La présente invention concerne un radôme réalisable en une seule pièce qui assure outre la transmission des ondes hyperfréquence, des
5 fonctions d'absorption des ondes parasites et/ou de tenue mécanique. L'invention s'applique notamment dans le domaine des systèmes hyperfréquence aéroportés. Plus généralement, elle s'applique pour tous systèmes hyperfréquence dont il est nécessaire de réduire le poids et/ou le coût.

10

Les radômes sont utilisés pour protéger des antennes contre des agressions externes, climatiques ou mécaniques notamment. Ils équipent donc des radars, des systèmes de contre-mesure ou encore des auto-directeurs de missiles, et plus généralement tous systèmes hyperfréquence
15 d'émission et/ou de réception.

Outre le fait qu'il doit protéger les antennes contre des agressions externes, une des qualités essentielles d'un radôme est de permettre le passage des ondes hyperfréquence, et cela avec le moins de perturbations possibles. Le radôme doit en fait être transparent aux ondes
20 hyperfréquence. Il présente alors ce que l'on appelle une fenêtre radioélectrique, du moins dans les directions d'émission et/ou de réception de ou des antennes qu'il protège. A cet effet, les radômes sont généralement réalisés à partir de matériaux composites, qui sont le plus souvent à base de fibres de verre imprégnées de résine et qui sont par
25 ailleurs résistants aux efforts tout en étant légers.

Cependant, la transparence aux ondes hyperfréquence n'est jamais parfaite, et toute la partie d'une onde émise ou reçue ne passe pas à travers le radôme. Une partie est absorbée ou réfléchie. Cette partie est en général faible, mais suffisante néanmoins pour créer des
30 dysfonctionnements, notamment de systèmes radar ou de contre-mesure. Dans ce dernier cas d'application par exemple, un même radôme peut protéger plusieurs antennes. Il est donc certain que des réflexions parasites à l'intérieur du radôme, dues à l'émission d'une antenne, peuvent atteindre les autres antennes et ainsi perturber le fonctionnement du système de
35 contre-mesure. Il en est de même pour un radar ayant une antenne

principale voisinant avec d'autres antennes auxiliaires à l'intérieur d'un même radôme. Même dans le cas où un radôme protège une seule antenne, il peut être nécessaire de supprimer les réflexions parasites. Une solution connue et communément mise en pratique est d'adjoindre au radôme un ou plusieurs éléments absorbants. Ces éléments évitent des réflexions parasites qui pourraient se créer à l'intérieur du radôme par le passage d'une onde hyperfréquence à travers sa paroi. Ces éléments absorbants sont bien sûr placés en dehors du cône d'émission ou de réception de l'antenne, afin de ne pas perturber les ondes émises depuis l'antenne ou destinées à être captées.

Ces éléments absorbants qui doivent être rajoutés apportent plusieurs inconvénients. Ils augmentent le poids du radôme et donc du système. Pour un radar ou un système de contre-mesure aéroporté, où l'on est constamment à la recherche de gain de poids, cela est néfaste. Les éléments absorbants sont alors des éléments qui représentent une masse importante sans contribution mécanique, au contraire. En effet, au lieu de renforcer par exemple la tenue mécanique de l'ensemble, cette masse augmente les contraintes mécaniques. Les éléments absorbants encombrant aussi l'intérieur d'un radôme et peuvent donc s'opposer à un gain de place. Cela peut encore être néfaste, notamment pour de petits systèmes tels que par exemple des auto-directeurs de missiles ou des fusées de proximité. Par ailleurs, ces éléments absorbants compliquent les processus industriels, dans la mesure où il faut non seulement prévoir des processus de fabrication pour le radôme, mais aussi des processus de fabrication séparés pour un ou plusieurs éléments absorbants. En effet, les dimensions d'un radôme ne sont jamais standardisées, et il existe rarement des éléments tout faits qui peuvent facilement leur être adjoints.

Les éléments absorbants ne sont pas les seuls à augmenter le poids ou à complexifier le processus de fabrication des radômes. En général, une structure renforcée doit être elle aussi adjointe à un radôme pour permettre la fixation de ce dernier à la structure du système qu'il équipe. La fixation d'un radôme peut se faire au moyen de trous et de vis de fixation, ou encore par collage sur la structure du système. Cependant, même si le matériau constituant le radôme est résistant aux efforts, comme c'est le cas des fibres de verre imprégnées de résine par exemple, il ne l'est

suffisamment pas assez pour résister à des efforts de contraintes qui se reportent et se concentrent au niveau des fixations. Il est alors soit nécessaire d'augmenter considérablement l'épaisseur du radôme au niveau de sa zone de fixation, soit de lui adjoindre une structure renforcée susceptible de résister aux contraintes précitées. Dans les deux cas, une conséquence directe de cette solution est au moins une augmentation de poids du radôme, ainsi que de son encombrement. La complexité du processus de fabrication s'en trouve par ailleurs encore accrue pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment.

Un but de l'invention est de pallier les inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un radôme, caractérisé en ce qu'il comporte un seul matériau composite, une zone transparente aux ondes hyperfréquence étant formée en fibres de verre et au moins une zone d'absorption des ondes parasites comportant des fibres de carbone.

L'invention a pour principaux avantages qu'elle permet une réduction du poids des radômes, qu'elle permet une réduction de l'encombrement intérieur des radômes, qu'elle est simple à mettre en oeuvre et qu'elle est économique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, de façon schématique, un exemple de réalisation de radôme selon l'art antérieur ;
- la figure 2, de façon schématique, un exemple de réalisation possible d'un radôme selon l'invention.

La figure 1 présente, de façon schématique, un exemple de réalisation d'un radôme selon l'art antérieur. Ce radôme étant par exemple à symétrie de révolution, la figure représente ses éléments vus dans un plan passant par son axe de symétrie. Celui-ci protège par exemple une antenne de radar, de contre-mesure ou encore d'un auto-directeur de missile. Le radôme doit au moins être transparent aux ondes hyperfréquence dans un cône d'émission et de réception 10 prédéfini. A cet effet, le radôme comporte une partie 1 transparente aux ondes hyperfréquence qui rencontre le cône 10 d'émission et de réception. Cette partie est par exemple réalisée à partir

de matériaux composites, en général des fibres de verre imprégnées de résine. C'est elle proprement dit qui réalise la fonction de radôme. Cette partie 1 dite transparente n'est cependant pas complètement transparente aux ondes hyperfréquence. En effet, une partie d'une onde émise par une
5 antenne est réfléchiée à l'intérieur du radôme par la paroi interne de ce dernier. Les ondes ainsi réfléchiées sont susceptibles de perturber le fonctionnement du système équipé du radôme via les antennes ou autres dispositifs de détection.

Pour contrer ces réflexions, un ou plusieurs éléments
10 absorbants 2 sont disposés sur la paroi interne de la partie transparente 1 du radôme, en dehors du cône 10 d'émission et de réception de l'antenne ou des antennes. Ces éléments absorbent une partie des ondes émises en dehors du cône 10 d'émission. En effet, ce cône d'émission 10 délimite une zone de l'espace utile, ou plutôt nécessaire à l'application, inférieure à la
15 zone d'espace réelle dans lequel sont rayonnées les ondes émises. Les ondes émises en dehors du cône d'émission 10 défini sont donc absorbées par les éléments 2 prévus à cet effet, et ne peuvent donc se réfléchir vers les antennes et autres dispositifs de détection. Les éléments absorbants 2 sont par exemple réalisés en une résine chargée d'éléments métalliques. Il peut
20 s'agir par exemple d'un silicone ou d'un époxyde chargé par des poutres métalliques.

Le radôme de la figure 1 comporte par ailleurs une autre partie 3. Cette partie est destinée à assurer la fixation du radôme sur la structure du système qu'il équipe. En effet, bien que la partie transparente 1 soit
25 susceptible de résister à certains efforts, elle ne peut pas résister à des reports de contraintes produites et concentrées au niveau de sa zone de fixation. Il n'est donc pas possible de prévoir un simple vissage ou collage de cette partie transparente 1 sur la structure, car elle ne résisterait pas aux efforts concentrés au voisinage de cette fixation ainsi réalisée. Il serait
30 possible d'envisager d'élargir l'épaisseur du radôme dans sa région de fixation, cependant cela augmente le poids et complique sa réalisation, à cause justement de cette différence d'épaisseur. Une solution communément pratiquée est d'adjoindre à la partie transparente une partie 3 plus résistante. Cette partie 3, massive augmente évidemment aussi le
35 poids. En fait, dans tous les cas de figure, cet inconvénient de poids

accompagne les mesures prises pour renforcer le radôme dans sa zone de fixation.

Pour assurer une tenue mécanique relativement à la fixation du radôme sur une structure, la partie transparente 1 est donc d'abord fixée sur la partie renforcée 3, dite de fixation. La partie transparente 1 est à cet effet par exemple collée sur la partie de fixation 3. Cette dernière présente par exemple une section en L dont une branche 31, sur laquelle est fixée la partie transparente, renforce cette partie transparente. Les efforts de fixation sont alors reportés sur la partie de fixation 3, et plus précisément sur l'autre branche du 32 du L, celle qui comporte les moyens de fixation à la structure. Cette dernière branche 32 doit notamment présenter une masse importante pour supporter les efforts en jeu. La fixation se fait alors par vissage ou collage de la partie de fixation 3 sur la structure.

L'exemple de réalisation selon l'art antérieur, tel qu'illustré par la figure 1, met donc en évidence plusieurs inconvénients. En premier lieu, il montre une part du poids importante du radôme due aux éléments absorbants 2 ainsi qu'à la partie de fixation 3, composants qui ne font pas partie de la fonction radôme, celle qui consiste notamment à protéger la ou les antennes tout en laissant passer les ondes hyperfréquence. Les fonctions électroniques de leur côté, de plus en plus sophistiquées, exigent toujours plus d'absorbants. En second lieu, l'exemple de réalisation de la figure 1 montre une complexité de réalisation accrue due à tous ces composants supplémentaires. Par ailleurs, de façon corollaire, il ressort de cet exemple de réalisation un surcoût. Ces inconvénients vont donc notamment à l'encontre d'une tendance qui vise simultanément à réduire le poids des matériels, en particulier pour ceux qui sont aéroportés, et à réduire le coût de ces matériels.

La figure 2 présente, de façon schématique, un exemple de réalisation d'un radôme selon l'invention. Ce radôme étant par exemple à symétrie de révolution, la figure représente des éléments vus dans un plan passant par son axe de symétrie. Selon l'invention, les fonctions d'absorption et de fixation sont intégrées dans le matériau composite formant le radôme, qui peut alors ne comporter qu'une seule et même pièce.

Un radôme selon l'invention peut comporter les trois parties précitées, de transparence aux ondes hyperfréquence, d'absorption et de

fixation à la structure. Il comporte en effet une zone 21 transparente aux ondes hyperfréquence que l'on peut encore appeler fenêtre radioélectrique, située à l'intérieur du cône d'émission et de réception des antennes protégées par le radôme. Il comporte aussi au moins une zone absorbante 5 22 et par exemple une zone 23 destinée à sa fixation sur une structure. Toutes ces parties 21, 22, 23 sont contenues dans un même matériau composite formant le radôme. La zone absorbante 22 est par exemple située en dehors du cône 10 d'émission et de réception, mais à proximité de celui-ci. La zone de fixation 23 est par exemple située à la base du radôme, c'est-à-dire à l'extrémité située du côté de la structure où doit être fixé le radôme. 10 Des trous peuvent par exemple être réalisés dans cette zone de fixation 23 pour permettre le passage de vis de fixation. Le vissage sur la structure peut encore par exemple être remplacé par un collage, la zone de fixation étant alors collée sur la structure.

15 La zone transparente 21 est par exemple en fibre de verre imprégnée de résine. Les zones 22, 23 d'absorption et de fixation sont en matériau réalisé par mixage de fibre verre et de fibre de carbone. La fibre de carbone assure la fonction d'absorption. Il assure aussi l'amélioration de la tenue mécanique pour résister aux contraintes mécanique, notamment de 20 fixation, et cela sans augmentation de poids sensible par rapport à un radôme qui ne serait réalisé qu'en fibre de verre imprégné de résine. Un radôme selon l'invention peut donc être obtenu par un mixage de tissus de fibres de verre imprégnées de résine époxyde et de tissus de fibres de carbone imprégnées de résine époxyde. Les tissus de carbone et les tissus 25 de verre sont de préférence imprégnés de la même résine. Le tissu en fibres de carbone imprégnées de résine époxyde n'est disposé que dans les zones destinées à l'absorption et la fixation. Un radôme selon l'invention peut alors être réalisé par superposition de ces tissus, le tissu à fibres de carbone n'étant superposé qu'aux zones du radôme destinées à l'absorption et/ou à 30 la fixation. Cette technique de réalisation peut se faire selon la technique connue du drapage, simple à mettre en oeuvre.

En général, les éléments en matériau composite comportent une seule sorte de tissu, ou du moins s'il est envisagé qu'ils en comportent plusieurs, les tissus doivent comporter sensiblement les mêmes 35 caractéristiques mécaniques. En particulier, pour le cas d'un radôme destiné

à équiper des systèmes électroniques, il faut prévoir une tenue mécanique dans une large gamme de température, encore augmentée dans le cas de systèmes prévus pour des applications militaires. Sur ce point, il est à noter que les coefficients de dilatation en température du verre et du carbone sont
5 respectivement de l'ordre de 5.10^{-6} et de $0,8.10^{-6}$. Les expériences réalisées par la Déposante ont néanmoins montré qu'un radôme réalisé selon l'invention, malgré ces différences de coefficients, par mixage de fibres de verre et de fibres de carbone, conserve son intégrité mécanique dans une très large gamme de température, notamment dans la gamme de
10 température comprise entre -55°C et $+125^{\circ}\text{C}$.

Le taux de fibres de carbone dans une zone dépend notamment des caractéristiques mécaniques et d'absorption attendues. La zone de fixation 23 peut par exemple être entièrement ou presque en fibre de carbone, pour obtenir une meilleure tenue mécanique possible. La zone
15 d'absorption 22 peut par exemple être mixte et contenir des fibres de verre et des fibres de carbone. La fenêtre radioélectrique, zone transparente 21, ne contient de préférence que des fibres de verre. Ainsi, une intégration des tissus à base de fibres de verre et des tissus à base de fibres de carbone peut permettre de passer d'une structure en verre du côté de la fenêtre
20 radioélectrique 1 à une structure en carbone du côté 23 de la fixation, en passant par une structure hybride 22 entre les deux. Autour de la fenêtre radioélectrique 21, une intégration appropriée de tissu de carbone dans le tissu de verre, les deux tissus étant par exemple imprégnés de la même résine, génère les propriétés d'absorption voulues. La réalisation d'un
25 radôme selon l'invention se fait donc par mélange de fibres de carbone aux fibres de verre de la fenêtre radioélectrique 21, selon des proportions et dans des zones prédéfinies 22, 23. Ces zones ne sont pas limitées en géométrie. Il a été montré par ailleurs que l'intégrité d'une telle structure n'est pas affectée par des variations de température.

30 L'invention permet donc un gain de poids pour un radôme, tout en permettant à celui-ci d'assurer correctement la transmission des ondes hyperfréquence et en lui assurant une bonne tenue mécanique face aux contraintes de fixation. Ce qui revient en fait à faire réaliser par un élément unique les fonctions de transmission, d'absorption des ondes parasites et de
35 tenue mécanique. Les fibres de carbone mélangées aux fibres de verre en

certaines endroits du radôme, qui permettent de réaliser ces fonctions, n'entraînent pas d'augmentation sensible de poids par rapport à un radôme qui ne serait réalisé qu'en fibre de verre. Outre le gain de poids, l'invention permet aussi une réduction de l'encombrement intérieur d'un radôme, cela

5 étant notamment important lorsque les fonctions hyperfréquence nécessitent de nombreux composants à l'intérieur de ce radôme. Elle permet surtout par ailleurs une simplification des processus de fabrication d'un radôme. En effet, le radôme étant en une seule pièce, il n'est plus nécessaire de prévoir des processus de fabrication des autres pièces, de constitutions et de

10 formes différentes, ni de prévoir de phases d'assemblage de ces différentes pièces entre elles. Par ailleurs, la technique de réalisation d'un radôme selon l'invention, qui ne nécessite que de superposer les différents tissus constitutifs de ce radôme, n'exige rien de particulier, ce peut être notamment la technique connue du drapage. Un avantage supplémentaire apporté par

15 l'invention est donc une réduction importante des coûts de réalisation des radômes. Un avantage de l'invention réside notamment dans le fait que le carbone assure à la fois l'absorption et la tenue mécanique. Cela est favorable aux coûts, car on ne peut prévoir alors dans le processus de fabrication que deux types de tissus, celui à fibres de verre et celui à fibres

20 de carbone.

REVENDICATIONS

1. Radôme, caractérisé en ce qu'il comporte un seul matériau composite, une zone (21) transparente aux ondes hyperfréquence étant
5 formée en fibres de verre et au moins une zone d'absorption des ondes parasites (22) comportant des fibres de carbone.

2. Radôme selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une zone de fixation (23) à une structure, cette zone comportant
10 des fibres de carbone.

3. Radôme selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone d'absorption (22) est formée d'un mélange de fibres de verre et de fibres de carbone.
15

4. Radôme selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la zone de fixation (23) n'est formée sensiblement que de fibres de carbone.

5. Radôme selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les tissus de fibres de verre et les tissus de fibres de carbone qui sont à la base du matériau composite, sont imprégnés d'une même résine.
20

6. Radôme selon la revendication 5, caractérisé en ce que la résine est une résine époxyde.
25

7. Radôme selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les zones (22, 23) du matériau composite comportant à la fois des fibres de verre et des fibres de carbone comportent une superposition de tissus de fibres de verre et de tissus de fibres de carbone.
30

8. Radôme selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un cône (10) d'émission et de réception
35

étant défini, la zone d'absorption (22) se situe à l'extérieur et à proximité du cône (10).

9. Radôme selon l'une quelconque des revendications 2 à 8,
5 caractérisé en ce que la zone de fixation (23) est située à la base du radôme, du côté de la structure.

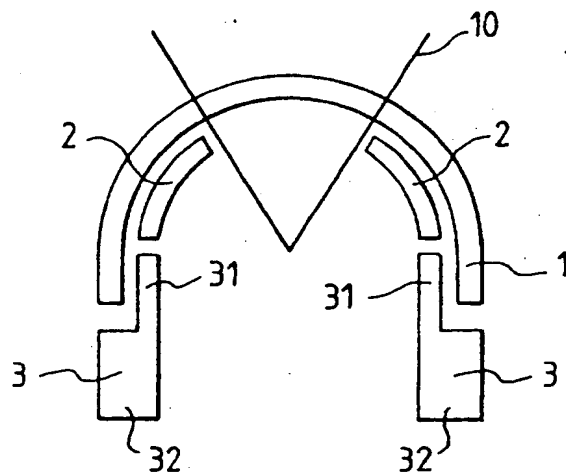


FIG. 1

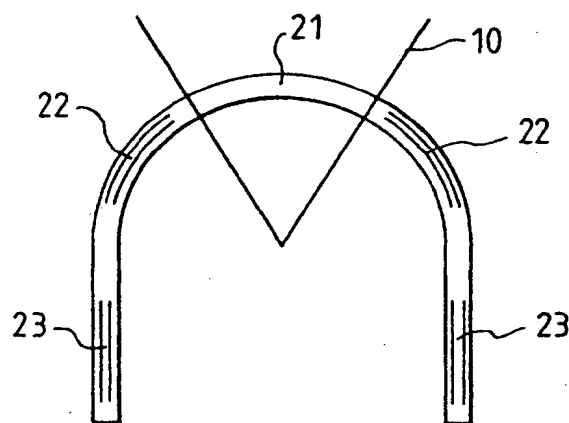


FIG. 2

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 566324
FR 9810820

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X A	FR 2 671 235 A (CGTI) 3 juillet 1992 * page 3, ligne 19 - ligne 28 * * page 4, ligne 8 - ligne 13 * ---	1,3,5 2,4,6-9
X A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 155 (E-743), 14 avril 1989 & JP 63 311803 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 20 décembre 1988 * abrégé * ---	1-4 5-9
A	EP 0 322 498 A (MASPRO DENKO KK) 5 juillet 1989 * page 3, ligne 42 - page 4, ligne 13; figure 1 * ---	1-9
A	US 5 738 750 A (PURINTON DONALD L ET AL) 14 avril 1998 * abrégé * ---	1-9
A	US 4 728 962 A (KITSUDA YOSHIHIRO ET AL) 1 mars 1988 * colonne 5, ligne 40 - colonne 6, ligne 6 * -----	1-9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
		H01Q
Date d'achèvement de la recherche 13 avril 1999		Examineur Wattiaux, V
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C13)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.